

6/10/2
2/25/2

Docket No.: K-0349

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of :
:
Jeongho KIM and Young Jae KIM :
:
Serial No.: New U.S. Patent Application :
:
Filed: December 4, 2001 :



For: TRANSMISSION SYSTEM AND METHOD ON A FORWARD LINK

TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

Assistant Commissioner of Patents
Washington, D. C. 20231

Sir:

At the time the above application was filed, priority was claimed based on the following application:

Korean Patent Application No. P2000-73665, filed December 6, 2000

A copy of each priority application listed above is enclosed.

Respectfully submitted,
FLESHNER & KIM, LLP

Daniel Y.J. Kim
Registration No. 36,186
Anthony H. Nourse
Registration No. 46,121
Steven R. Olsen
Registration No. 48,174

P. O. Box 221200
Chantilly, Virginia 20153-1200
703 502-9440

Date: December 4, 2001

DYK/SRO:jld

대한민국 특허청
KOREAN INTELLECTUAL
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 특허출원 2000년 제 73665 호
Application Number PATENT-2000-0073665

출원년월일 : 2000년 12월 06일
Date of Application DEC 06, 2000

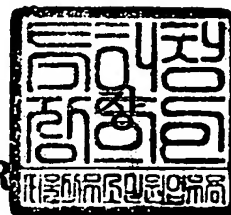
출원인 : 엘지전자 주식회사
Applicant(s) LG ELECTRONICS INC.



2001 년 07 월 13 일

특 허 청

COMMISSIONER



| | |
|------------|--|
| 【서류명】 | 특허출원서 |
| 【권리구분】 | 특허 |
| 【수신처】 | 특허청장 |
| 【참조번호】 | 0006 |
| 【제출일자】 | 2000.12.06 |
| 【국제특허분류】 | H04B |
| 【발명의 명칭】 | 순방향 링크에서의 적응 어레이를 이용한 빔포밍 시스템 |
| 【발명의 영문명칭】 | Beamforming System using Adaptive Array in Forward Lin |
| 【출원인】 | |
| 【명칭】 | 엘지전자 주식회사 |
| 【출원인코드】 | 1-1998-000275-8 |
| 【대리인】 | |
| 【성명】 | 김용인 |
| 【대리인코드】 | 9-1998-000022-1 |
| 【포괄위임등록번호】 | 2000-005155-0 |
| 【대리인】 | |
| 【성명】 | 심창섭 |
| 【대리인코드】 | 9-1998-000279-9 |
| 【포괄위임등록번호】 | 2000-005154-2 |
| 【발명자】 | |
| 【성명의 국문표기】 | 김정호 |
| 【성명의 영문표기】 | KIM, Jeong Ho |
| 【주민등록번호】 | 680105-1657520 |
| 【우편번호】 | 431-080 |
| 【주소】 | 경기도 안양시 동안구 호계동 1075번지 무궁화아파트 605 동 1003호 |
| 【국적】 | KR |
| 【발명자】 | |
| 【성명의 국문표기】 | 김영재 |
| 【성명의 영문표기】 | KIM, Young Jae |
| 【주민등록번호】 | 760215-1019316 |
| 【우편번호】 | 431-050 |
| 【주소】 | 경기도 안양시 동안구 비산동 관악현대아파트 121-1404 |
| 【국적】 | KR |

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다. 대
리인 김용

인 (인) 대리인

심창섭 (인)

【수수료】

【기본출원료】 14 면 29,000 원

【가산출원료】 0 면 0 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 0 항 0 원

【합계】 29,000 원

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

본 발명은 어레이(Array) 안테나에 관한 것으로, 특히 FDD 모드에서 역방향 링크에서 수신된 신호의 도달각 정보를 이용한 순방향 링크에서의 적응 어레이를 이용한 빔포밍 시스템에 관한 것이다. 이와 같은 본 발명에 따른 순방향 링크에서의 빔포밍 시스템은 수신된 입사 신호의 도달각(θ)을 추정하는 도달각 추정부와, 상기 수신된 입사 신호의 서비스 품질 요구(QoS) 파라미터를 결정하는 결정부와, 상기 추정된 도달각(θ)과, 서비스 품질 요구(QoS) 파라미터를 이용하여, 원하는 신호의 이득을 최대로 하는 웨이트 벡터를 계산하는 웨이트 벡터 계산부로 구성된다. 따라서, 본 발명은 FDD 방식의 이동통신 시스템의 순방향 링크에서의 효율적인 공간 필터링을 할 수 있으므로, 원하는 사용자의 방향이 아닌, 간섭신호 또는 잡음신호로 향하는 신호의 크기를 줄일 수 있으며, 특정 사용자의 서비스 품질 요구(QoS)에 따라서 능동적으로 널의 위치와 최대 이득의 위치를 적응적으로 조절할 수 있는 효과가 있다.

【대표도】

도 2

【색인어】

적응 어레이 안테나, 서비스 품질 요구(QoS),

【명세서】**【발명의 명칭】**

순방향 링크에서의 적응 어레이를 이용한 빔포밍 시스템{Beamforming System using Adaptive Array in Forward Link}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 종래 기술에 따른 순방향 링크에서의 스위칭 빔 어레이 안테나를 이용한 빔포밍 시스템을 나타낸 도면.

도 2는 본 발명에 따른 순방향 링크에서의 적응 어레이 안테나를 이용한 빔포밍 시스템을 나타낸 도면.

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

201 : 배열 안테나 수신부

202 : 도달각 추정부

203 : 웨이트 벡터 계산부

204 : σ 결정부

205 : 배열 안테나 송신부

【발명의 상세한 설명】**【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

<9> 본 발명은 어레이(Array) 안테나에 관한 것으로, 특히 FDD 모드에서 역방향 링크에서 수신된 신호의 도달각 정보를 이용한 순방향 링크에서의 적응 어레이를 이용한 빔포

밍 시스템에 관한 것이다.

- <10> 알려진 바와 같이 무선통신을 행할 때, 수신되는 신호에는 원하는 신호(이하 '원신호'라 칭함)와 간섭신호가 함께 존재하며, 통상 한 개의 원신호에 대해 다수의 간섭신호가 존재한다. 이러한 간섭신호에 의한 통신왜곡의 정도는 원신호 전력대 모든 간섭신호 전력의 합에 의해 결정되므로, 원신호의 레벨이 간섭신호 각각의 레벨보다 현저히 높은 경우에도 간섭신호의 개수가 많으면 간섭신호의 전체전력이 커져서 통신왜곡이 발생하게 된다.
- <11> 따라서, 종래의 셀룰라 이동통신 시스템에서는 스마트 안테나를 이용하여 이러한 간섭신호를 최소화시키는 데 중점을 두고 있다. 즉, 이동체가 이동하거나 그 신호의 도달각이 상황에 따라 가변적일 때, 여러 안테나 소자로 구성된 어레이(Array)를 사용해서 원거리 신호원들의 위치를 파악하거나 그 안테나 소자들로부터 나오는 신호들을 선택적으로 송수신하기 위하여 배열된 안테나의 위상을 제어하여 특정 신호(원신호)를 선택적으로 송수신하고 간섭 신호의 영향을 최소화시킴으로써 가입자 상호간의 간섭을 대폭 감소시키는 것이다.
- <12> 도 1은 종래 기술에 따른 순방향 링크에서의 스위칭 빔 어레이 안테나를 이용한 빔 포밍 시스템을 나타낸 도면이다.
- <13> 도 1을 참고하면, 종래의 스위칭 빔 어레이를 이용한 어레이 안테나 시스템은 몇 개의 고정된 빔을 생성하도록 하는 웨이트 벡터를 저장하고 있는 웨이트 벡터 저장부(101)와, 상기 웨이트 벡터 저장부(101)에 저장된 웨이트 벡터중 최적의 빔을 형성하도록 하는 웨이트 벡터를 선택하여 빔 형성기(104)에 제공하는 빔 선택

기(102)와, 상기 제공된 웨이트 벡터와 송신할 신호와 복소 내적하여 빔을 형성하는 빔 형성기(103)로 구성된다.

<14> 이와 같은 구성에 의하여 종래의 역방향 링크에서는 상기 웨이트 벡터 저장부(101)에 저장된 몇 개의 고정된 빔을 생성하는 웨이트 벡터 중 어느 하나가 빔 선택기(102)에 의해 선택되어 빔 형성기(103)에 제공되면, 빔 형성기(103)는 이 웨이트 벡터와 송신할 신호를 복소 내적하여 최적의 빔을 생성하여 전송하게 되는 것이다.

<15> 이와 같은 스위칭 빔 어레이 안테나 시스템을 이동통신 시스템에 적용함에 있어, 시분할 듀플렉스(Time Division Duplex; 이하 TDD) 방식의 이동통신 시스템에서는 순방향, 역방향 링크의 주파수가 같기 때문에, 역방향 링크에서 얻은 채널 정보를 그대로 순방향에 이용할 수 있고, 역방향에서 구한 웨이트 벡터를 그대로 순방향에 적용할 수 있다. 그러나, 주파수 분할 듀플렉스(Frequency Division Duplex; 이하 FDD) 방식의 이동통신 시스템에서는 순방향, 역방향 링크의 주파수가 달라지므로, 이 주파수에 따른 웨이트 벡터의 위상 정보도 달라진다. 따라서, 역방향 링크에서 구한 웨이트 벡터를 순방향 링크에서 그대로 적용시키는 경우 최적의 빔 패턴을 형성하는데 어려움이 발생한다.

<16> 그리고, 종래 기술에서와 같이 스위칭 빔을 이용하는 방법은 미리 정해진 한정된 개수의 웨이트 벡터 중 정해진 기준을 만족하는 최적의 웨이트 벡터를 선정해서 빔을 생성하게 되는 방식으로서, 이동통신 시스템의 채널 환경이 급격히 변화하게 되는 경우에는 신호의 입사각도 급격히 변화하게 되어, 수신 신호의 입사 각도에 따라 최대 이득을 주지 못하고, 잡음 성분에 이득을 많이 주게 되어 최적의 빔을 생성하는데 어려운 문제점이 발생될 수도 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <17> 따라서, 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 종래 기술의 문제점을 감안하여 안출한 것으로서, FDD 모드에서 변화하는 채널 환경에 최적의 빔을 형성하도록 하는 순방향 링크에서의 적응 어레이를 이용한 빔포밍 시스템을 제공하기 위한 것이다.
- <18> 이상과 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 장치상 특징에 따르면, 수신된 입사 신호의 도달각(θ)을 추정하는 도달각 추정부와, 상기 수신된 입사 신호의 서비스 품질 요구(QOS) 파라미터를 결정하는 결정부와, 상기 추정된 도달각(θ)과, 서비스 품질 요구(QOS) 파라미터를 이용하여, 원하는 신호의 이득을 최대로 하는 웨이트 벡터를 계산하는 웨이트 벡터 계산부로 구성되어 그 특징이 이루어진다.
- <19> 바람직하게, 상기 웨이트 벡터(\underline{w})는, 상기 도달각을 θ 라고 하고, 상기 서비스 품질 요구(QOS) 파라미터를 σ 라고 하고, 상기 수신된 신호의 방향 벡터를 ' $\underline{a}(\theta)$ '라고 하고, 가우시안 잡음 신호의 크기를 I 라고 하고, 상기 수신된 신호중 널신호를 형성하기 원하는 신호의 개수를 K 라고 하고, 최대이득을 형성하기 원하는 신호의 방향 개수를 L 이라고 하고, 허미션 연산자를 H 라고 하는 경우,

$$\underline{w} = \left[\sum_{k=1}^K \sigma_k \cdot \underline{a}(\theta_k) \underline{a}(\theta_k)^H + I \right]^{-1} \cdot \left[\sum_{i=1}^L \underline{a}(\theta_i) \right]$$
관계에 의해서 계산되어 진다.
- 또한, 상기 서비스 품질 요구(QOS) 파라미터는 상기 간섭신호 및 잡음 신호를 널로 하거나, 적은 이득을 가지도록 상대적으로 큰 파라미터 값을 할당한다.
- <20> 그리고, 상기 서비스 품질 요구(QOS)는 각 사용자별 서비스 품질 요구(QOS)와 통화 품질을 비교하여 파라미터 값을 조정한다.

【발명의 구성 및 작용】

- <21> 이하 본 발명의 바람직한 일 실시 예에 따른 구성 및 작용을 첨부된 도면을 참조하여 설명한다.
- <22> 도 2는 본 발명에 따른 순방향 링크에서의 적응 어레이 안테나를 이용한 빔포밍 시스템을 나타낸 도면이다.
- <23> 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 적응 어레이 안테나를 이용한 빔포밍 시스템은 배열 안테나 수신부(201)와, 도달각 추정부(202)와, 웨이트 벡터 계산부(203)와, 결정부(204)와, 배열 안테나 송신부(205)로 구성된다.
- <24> 상기 배열 안테나 수신부(201)는 입사 신호를 수신하고, 상기 도달각 추정부(202)는 배열 안테나 수신부(201)에서 수신한 신호를 바탕으로 하여 입사신호의 도달각(θ)을 추정한다. 상기 웨이트 벡터 계산부(203)는 상기 추정된 도달각(θ) 추정 정보를 얻어, 원신호의 이득을 최대로 하는 웨이트 벡터를 계산한다. 상기 결정부(204)는 높은 QOS가 요구되는 특정 사용자 이외의 방향 즉, 간섭신호 및 잡음 신호의 방향으로는 빔이 널을 형성하도록 하는 파라미터 σ 를 결정하여 상기 웨이트 벡터 계산부(203)에 제공한다.
- <25> 이와 같은 구성에 의하여 순방향 링크에서의 빔포밍 생성은 다음과 같은 절차에 의하여 보다 상세히 설명되어진다.
- <26> 보다 상세하게는, 역방향 링크를 통하여 수신 신호가 배열 안테나 수신부(201)에 수신되면, 이 신호는 도달각 추정부(202)에 제공되어 각 사용자에게 따른 신호의 도달각(θ)이 추정된다.
- <27> 상기 각 사용자에게 따른 신호의 도달각 추정은 기존에 널리 알려져 있는 MUSIC,

ESPRIT 등의 알고리즘등을 사용하여, 쉽게 각 사용자들의 도달각을 추정할 수 있다.

<28> 상기 추정된 수신 신호의 도달각(θ)은 각 사용자별로 추정되어 웨이트 벡터 계산부(203)에 제공된다.

<29> 상기 추정된 각 사용자별 수신 신호의 도달각(θ_i)은 상기 결정부(204)에서 제공된 파라미터 σ 와 함께, 웨이트 벡터 계산부(203)에 제공되어 사용자별 최적의 웨이트 벡터를 계산하는데 이용된다. 상기 계산된 웨이트 벡터는 원하는 신호의 방향으로서는 다른 신호들에 비해 상대적으로 큰 이득을 주고, 간섭 신호 또는 잡음 신호의 방향으로서는 작은 이득만을 주어, 결과적으로 원하는 방향이 아닌, 간섭 신호의 방향으로 향하는 신호의 전력을 감소시킨다.

<30> 상기 웨이트 벡터 계산부(203)에 의해 계산되는 최적의 웨이트 벡터는 다음 수학적식 1에 의하여 계산된다.

<31> 【수학적식 1】

$$\underline{w} = \left[\sum_{k=1}^K \sigma_k \cdot \underline{a}(\theta_k) \underline{a}(\theta_k)^H + I \right]^{-1} \cdot \left[\sum_{i=1}^L \underline{a}(\theta_i) \right]$$

<32> 상기 수학적식 1에서 K는 널(null)을 형성하기 원하는 방향의 개수를, L은 최대 이득을 형성하기 원하는 방향의 개수이다. 상기 σ_k 는 특정 사용자의 서비스 품질 요구(QoS)에 따라 할당되는 파라미터로써, 높은 서비스 품질 요구(QoS)를 필요한 경우 간섭 신호 및 잡음 신호가 포함되는 방향 벡터가 널 또는 적은 이득을 갖는 빔을 형성하도록 σ_k 는 큰 값이 할당된다. 상기 H는 허미션(Hermitian) 연산자를 나타낸다.

<33> 그리고, $\underline{a}(\theta_i)$ 는 θ_i 방향에서 입사하는 신호의 방향 벡터로서, 만약 안테나가 입사신호의 반 파장씩 떨어진 균일 선형 어레이(Uniform Linear Array :ULA)라면,

$\underline{a}(\theta_i)$ 는 다음 수학식 2와 같이 정해진다.

<34> 【수학식 2】

$$\underline{a}(\theta_i) = [1, \exp(-j \cdot \pi \sin \theta_i), \exp(-j \cdot 2\pi \sin \theta_i), \exp(-j \cdot 3\pi \sin \theta_i),$$

<35> $\dots, \exp(-j \cdot (N-1)\pi \sin \theta_i)]^T$

<36> 여기서 N은 어레이 안테나 개수를 나타내고, T는 트랜스포즈(transpose) 연산자를 나타낸다.

<37> 상기 입사 신호의 방향 벡터 $\underline{a}(\theta_i)$ 는 일반적으로 다음 방식에 의해 구해질 수 있다.

<38> 예를 들어, 안테나 어레이로 수신된 입사 신호의 벡터를 \underline{x} 라고 가정하면, 이 수신된 입사 신호 벡터의 자기상관 행렬은 다음 수학식 3과 같이 구해진다.

<39> 【수학식 3】

$$R_x = fR_x(k-1) + \underline{x}(k)\underline{x}(k)^H$$

<40> 이때, k는 안테나 어레이로 수신된 신호를 샘플링하는 스냅샷 인덱스를 나타낸다. 아울러 f는 망각인자로서 0과 1사이의 값을 갖는다.

<41> 따라서, 상기 입사 신호의 방향 벡터는 알려진 바와 같이 일반적으로 'Power Method' 방법을 이용하여 구할 수 있으며, 이는 다음과 같이 요약할 수 있다.

<42> 【수학식 4】

$$\underline{c}_{m+1} = \frac{R_x \underline{c}_m}{|R_x \underline{c}_m|}$$

<43> 【수학식 5】

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \underline{c}_{m+1} = \underline{a}$$

- <44> 이때, m 은 알고리즘을 갱신하는 갱신 인덱스를 나타낸다. c_m 의 초기치, 즉, c_0 는 임의로 설정한다.
- <45> 상기 수학식 4와 수학식 5에서 임의의 c_{m+1} 은 수신신호 벡터의 자기 상관 행렬과 c_m 의 곱을 이 곱의 절대값으로 나누어 구해지는 값으로 갱신 인덱스 m 이 무한대로 발산하는 경우에 c_{m+1} 의 값은 원신호의 방향벡터 α 로 수렴한다.
- <46> 결론적으로, 상기 웨이트 벡터 계산부(203)에서 구하고자 하는 웨이트 벡터는 간섭 신호의 방향 θ_k 또는 백색 잡음(AWGN) I 의 방향으로 널(null)을 형성하거나 작은 이득을 주고, 원하는 신호의 방향 θ_i 로는 최대 이득을 주는 즉, 다수의 널과 다수의 메인 로브(main lobe)의 위치를 시스템의 요구 또는 사용자별 QOS에 따라 조절할 수 있다.
- <47> 따라서, 본 발명에서는 입사 신호의 도달각(θ) 뿐만 아니라, 특정 사용자에게 요구되는 서비스 품질 요구(QOS)에 따라 서로 다른 파라미터 σ_k 를 적용시킴으로써, 원신호 이외의 신호에 대하여 널 또는 적은 이득을 부여하도록 하는 웨이트 벡터를 계산하게 되는데, 이를 위해 본 발명에서는 상기 수학식 1에서와 같이 k 번째 사용자의 방향 θ_k 로 널을 형성해주기 위해서 σ_k 의 값을 큰 값으로 할당해 준다.
- <48> 이와 같이 간섭신호 또는 잡음 신호의 방향 θ_k 로 적은 이득을 주고, 원하는 신호의 방향 θ_i 로 큰 이득을 주어, 결과적으로 어레이 안테나 시스템의 신호대 잡음비(SNR)를 높이는 웨이트 벡터는 ' $w = R_{uu}^{-1} \cdot a(\theta)$ '로 알려져 있다. 여기서 R_{uu} 는 기지국에서 수신한 수신 신호 중에서 자기 자신의 신호를 제외한, 간섭 신호와 잡음 신호로 이루어진 신호의 자기 상관행렬이다. 이때, 이 웨이트 벡터를 이용하여 순방향 링크에서 빔포밍할 경우, 특별히 높은 서비스 품질 요구(QOS)를 가지는 사용자의 방향으로 널을 형성

하지 못하는 경우가 있다. 그러나, 본 발명에서와 같이 각 사용자의 도달각 추정 정보와 각 사용자별 서비스 품질 요구(QOS)를 바탕으로 상기 R_{uu} 를 재구성하였다.

【발명의 효과】

- <49> 이상의 설명에서와 같이 본 발명은 FDD 방식의 이동통신 시스템의 순방향 링크에서의 효율적인 공간 필터링을 할 수 있으므로, 원하는 사용자의 방향이 아닌, 간섭신호 또는 잡음신호로 향하는 신호의 크기를 줄일 수 있으며, 특정 사용자의 서비스 품질 요구(QOS)에 따라서 능동적으로 널의 위치와 최대 이득의 위치를 적응적으로 조절할 수 있는 효과가 있다.
- <50> 이는 결과적으로 통신 시스템 전체의 성능을 높이는 효과가 있다.
- <51> 이상 설명한 내용을 통해 당업자라면 본 발명의 기술 사상을 일탈하지 아니하는 범위에서 다양한 변경 및 수정이 가능함을 알 수 있을 것이다.
- <52> 따라서, 본 발명의 기술적 범위는 실시예에 기재된 내용으로 한정하는 것이 아니라 특허 청구 범위에 의해서 정해져야 한다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

수신된 입사 신호의 도달각(θ)을 추정하는 도달각 추정부와;

상기 수신된 입사 신호의 서비스 품질 요구(QOS) 파라미터를 결정하는 결정부와;

상기 추정된 도달각(θ)과, 서비스 품질 요구(QOS) 파라미터를 이용하여, 원하는 신호의 이득을 최대로 하는 웨이트 벡터를 계산하는 웨이트 벡터 계산부로 구성되는 것을 특징으로 하는 순방향 링크에서의 적응 어레이를 이용한 빔포밍 시스템.

【청구항 2】

제 1항에 있어서, 상기 웨이트 벡터(\underline{w})는, 상기 도달각을 θ 라고 하고, 상기 서비스 품질 요구(QOS) 파라미터를 σ 라고 하고, 상기 수신된 신호의 방향 벡터를 ' $\underline{a}(\theta)$ '라고 하고, 가우시안 잡음 신호의 크기를 I 라고 하고, 상기 수신된 신호중 널신호를 형성하기 원하는 신호의 개수를 K 라고 하고, 최대이득을 형성하기 원하는 신호의 방향 개수를 L 이라고 하고, 허미션 연산자를 H 라고 하는 경우,

$$\underline{w} = \left[\sum_{k=1}^K \sigma_k \cdot \underline{a}(\theta_k) \underline{a}(\theta_k)^H + I \right]^{-1} \cdot \left[\sum_{l=1}^L \underline{a}(\theta_l) \right]$$

관계에 의해서 계산되어 지는 것을 특징으로 하는 순방향 링크에서의 적응 어레이를 이용한 빔포밍 시스템.

【청구항 3】

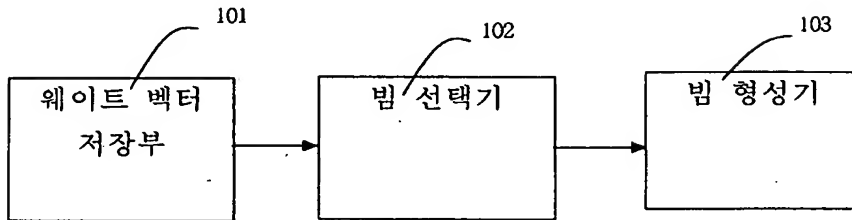
제 2항에 있어서, 상기 서비스 품질 요구(QOS) 파라미터는 상기 간섭신호 및 잡음 신호를 널로 하거나, 적은 이득을 가지도록 상대적으로 큰 파라미터 값을 할당하는 것을 특징으로 하는 순방향 링크에서의 적응 어레이를 이용한 빔포밍 시스템.

【청구항 4】

제 2항에 있어서, 상기 서비스 품질 요구(QOS)는 각 사용자별 서비스 품질 요구(QOS)와 통화 품질을 비교하여 파라미터 값을 조정하는 것을 특징으로 하는 순방향 링크에서의 적응 어레이를 이용한 빔포밍 시스템.

【도면】

【도 1】



【도 2】

